Arnaldoa 16 (1): 117 - 124, 2009 ISSN: 1815 - 8242

Contaminación del ecosistema marino en Puerto Malabrigo

Pollution in the marine ecosystem of Port Malabrigo

Pedro Quiñones Paredes
Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo-PERÚ.
Federico Gonzales Veintemilla
Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo-PERÚ.

Resumen

La contaminación de las aguas costeras de Puerto Malabrigo provocado por el vertido de residuos líquidos industriales, ha motivado la investigación, cuyo objetivo es conocer la magnitud de la contaminación de las aguas costeras de Puerto Malabrigo. Para ello se tomaron muestras mensuales de agua de mar su análisis. Las determinaciones fueron hechas siguiendo la metodología propuesta por la APHA. Como resultado de la presente investigación, se conoce que el agua de mar de Puerto Malabrigo presenta valores que están muy por encima de las normas vigentes (Ley de Aguas), llegando en casos extremos a 0.05 ml/l de Oxígeno disuelto en el fondo y superficie, 102 mg/l de DBO_5 en el fondo y de 192 mg/l de DBO_5 en superficie, todo esto en época de producción, así mismo la concentración de plomo y mercurio revelan una contaminación de carácter potencial, lo cual confirma una alta contaminación.
Palabras clave: Contaminación marina, Industria Pesquera, Impacto Ambiental, metales pesados.

Abstract

The pollution of Malabrigo Port coastal waters caused by urban and industrial liquid waste spilling into it, has given rise to the present research, whose aim is to know the magnitude of Malabrigo Port coastal waters pollution. This monthly samples of sea water analysis. Determinations were made following the methodology proposed by the APHA. As a result of the present research, it is known Malabrigo Port seawaters show over in-force regulation (Law of Waters) values, reaching, at the furthest, 0.05 ml/l dissolved oxygen in bottom and surface, 102 mg/l DBOs in bottom and 102 mg/l DBOs in superfice, all this in time of production, as well as the concentration of plumb and mercury contamination in nature reveal a potential, which confirms a high pollution.
Key words: Seawater pollution, Fishing industry, Environmental impact, heavy metals.

Introducción

El Perú es un país con tradiciones y experiencias pesqueras, reflejadas en pesca para consumo humano directo e industria; especíalmente de *Engraulis ringens* «anchoveta», así como de otras especies demersales y pelágicas.

La Industria Pesquera de Consumo Humano Indirecto es una actividad que desde la última década viene utilizado Tecnología de Punta en sus operaciones productivas que le ha permitido obtener productos de mejor calidad y competitividad por el exigente mercado internacional. Este rápido desarrollo industrial y el crecimiento de las ciudades en todo el orbe están llevando al incremento de problemas ambientales, así como el acelerado deterioro de la calidad de vida de la población.

La existencia y gravedad de los problemas ambientales son reconocidos en diversas escalas, de allí el interés de muchos países en institucionalizar instrumentos que incorporen la variable ambiental; sin embargo, la gravedad y complejidad de esta problemática ha continuado, lo que motivó la Segunda Conferencia Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo en 1992 (UNESCO,1993).

Los estudios ambientales se deben considerar desde el paradigma del desarrollo sostenible, interpretado como aquel que orienta a explotar los recursos naturales para satisfacer las necesidades del presente y preservarlos para las generaciones futuras. Este paradigma ha cambiado la filosofía de la explotación destructiva de la sociedad para alcanzar una que, a largo plazo, fomente la protección del ambiente y sus habitantes(Glynn & Heinke, 1999).

En el contexto del Sistema de Gestión Medio Ambiental, dos definiciones son sumamente importantes:1) Impacto Ambiental es la alteración positiva o negativa del medio, producida por una acción humana; 2) Evaluación del Impacto Ambiental es el estudio de identificación, predicción y previsión de los efectos de una acción antrópica sobre el medio ambiente y de su posible minimización (Seoanez, 1996).

Un diagnóstico preliminar de las fuentes y efectos de este problema en el Perú; en términos genéricos las aguas marinas son afectadas por descargas de desagües domésticos, de la industria de harina de pescado, de residuos líquidos de la minería, así como por los efluentes de las actividades petroleras y agrícolas (Guillen *et al.*, 1978; Orozco *et al.*, 1998).

Puerto Malabrigo, ubicado en la costa norte del Perú (7° 42'S - 79°27'W), desde hace más de dos décadas, desarrolla una importante pesquería industrial y artesanal. Hasta 1994, contó con una planta procesadora de harina de pescado, incrementándose a dos en 1995, la última con capacidad operativa de 120 t/h y producción anual de 140 000 t con ambas fábricas. Es Indudable que esta actividad ha originado una de serie cambios en el ambiente marino adyacente; los que no han sido sistemáticamente evaluados desde una perspectiva considerada en el sistema de gestión medio ambiental. En la actualidad, diez fábricas desarrollan actividades de producción de harina de pescado de diferentes tipos: TASA, Pesquera Industrial El Ángel SA, Sindicato Pesquero del Perú S:A, Pesquera Chicama SA, Pacifico Centro Norte SAC, COPEINCA SAC, Alexandra SAC, Pesquera Exalmar SAC y Pesquera Hayduk S.A y otra que recién se ha implementado.

Debido a que los informes de impactos ambientales son escasos, dispersos, no secuenciales que devienen en serias dificultades para generalizar de modo inferencial y, por el hecho que la industria pesquera en nuestro país es uno de los pilares de la economía. Se considera que las cuestiones ambientales no deben ser abarcadas desde una perspectiva teórica, sino eminentemente pragmática y que ambos criterios involucran al Puerto Malabrigo, en donde a pesar de la vigencia de leyes que dan especificaciones de índole ambiental en relación al funcionamiento de plantas productoras de harina de pescado; éstas posiblemente no se cumplen en su totalidad; hechos que evidentemente ponen en serio riesgo el ecosistema marino y sus componentes.

El objetivo es conocer la magnitud de la contaminación de las aguas costeras del Puerto Malabrigo.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la zona litoral de Puerto Malabrigo; distrito de Rázuri; provincia de Ascope; departamento de La Libertad. El Terminal Portuario de Chicama se encuentra ubicado longitudinalmente a 79º 37′ Oeste y Latitudinalmente a los 07º 42′Sur (ENAPU, 2003). El muestreo se realizó desde setiembre del 2007 hasta finales de junio del 2008; considerándose tres zonas de muestreo. Se ha utilizado la información disponible, por lo que el trabajo se inicio con la recopilación, análisis y actualización de la información contenida en el estudio de agua de mar realizado hasta la fecha, obteniéndose la muestra en el periodo Setiembre 2007 a Junio 2008. Los muestreos se realizaron secuencialmente en todo el período mencionado; pero, para efecto del estudio se consideraron los datos de la época de pesca considerada normal (julio), la época de veda (septiembre) y la de intensa actividad industrial pesquera (noviembre). Las muestras de agua de superficie se tomaron con un balde y las de fondo con botellas Niskin de 2,5 L; se manipularon desde una embarcación, especialmente contratada y adaptada para estos requerimientos, luego, una cantidad adecuada fue depositada en botellas de vidrio para su traslado y posterior análisis. Se determinaron las características fisicoquímicas de las muestras de agua usando los métodos descritos por APHA, AWWA y WPCF (1985) considerando los parámetros. En el caso de los Metales pesados, la muestra previo tratamiento con Ácido Nítrico es sometida a las técnicas de Perkin mod. (1974), Rousell (1973), Kremlin y Petersen (1974).

Resultados

Puerto Chicama, por las características de su costa donde domina un sistema restringido, con aguas someras de alta producción y ecosistemas sensibles a

la contaminación, hace imperativo un plan de ordenamiento del uso de los recursos costeros.

ANALISIS DE COMPONENTES CONTAMINANTES

Entre los factores que prModucen las alteraciones en Puerto Malabrigo encontramos:

Aceites y grasas – Superficial

Se registró elevadas concentraciones de aceites y grasas en los meses de noviembre y diciembre en las estaciones establecidas al final del emisor y chatas, observándose valores mayores a 10 mg/L; las más altas concentraciones se presentaron en la orilla de playa de TASA Norte zona II, donde los valores fueron mayor a 10 mg/L en el mes de Noviembre (Tabla 1).

Tabla Nº 1. Variación Temporal de la cantidad de aceites y grasas (mg/L) en orilla de playa en la zona costera en Puerto Malabrigo (Setiembre 2007 - Junio 2008).

MES	ZONA DE MUESTREO		
	I (ORILLA DE PLAYA TURISTAS)	II (ORILLA DE PLAYA TASA NORTE)	III (ORILLA DE PLAYA CFG INVES.)
SETIEMBRE	0,9	1,2	1,2
OCTUBRE	0,7	1,4	1,3
NOVIEMBRE	2,3	14,6	4,5
DICIEMBRE	0,8	5,3	1,4
ENERO	0,5	1,3	1
MARZO	0,7	1,1	1,1
ABRIL	0,8	1,4	1,2
MAYO	1,6	5,6	4
JUNIO	1,8	5	4,1

Sólidos Suspendidos Totales – Superficie

Se registraron elevadas concentraciones de SST a nivel de superficie en la mayoría de estaciones evaluadas, observándose las más altas concentraciones en los para orilla de playa. Las más altas concentraciones se SST se registraron en el mes de diciembre en la orilla de playa de TASA Norte zona II (950 mg/L), que coincide con la elevada producción registrada en la zona (Tabla 2).

Tabla Nº 2. Variación Temporal del nivel de sólidos suspendidos totales (mg/L) en superficie para orilla de playa en la zona costera en Puerto Malabrigo. Meses de noviembre, diciembre y abril en los puntos establecidos

MES	ZONA DE MUESTREO		
	I (ORILLA DE PLAYA TURISTAS)	II (ORILLA DE PLAYA TASA NORTE)	III (ORILLA DE PLAYA CFG INVES.)
SETIEMBRE	30	98	62
OCTUBRE	53	105	115
NOVIEMBRE	45	326	111
DICIEMBRE	65	950	174
ENERO	26	99	92
MARZO	2	11,2	31,2
ABRIL	34	128	88
MAYO	23	60	112
JUNIO	32	154	154

Fosfatos – Superficie

Se registraron bajas concentraciones de fosfatos a nivel de superficie en el mes de diciembre en las estaciones establecidas en orilla de playa, observándose valores a menores a 3,00 mg/L; las más altas concentraciones se presentaron orilla de playa de TASA Norte zona II de 2,7871 mg/L y orilla de playa CFG Invesment III de 1,5464 mg/L (Tabla 3). Las concentraciones más bajas se registraron en los mese de setiembre y octubre donde los valores oscilaron entre 0,0611 y 0,124 mg/L.

Tabla Nº 3. Variación Temporal del nivel de fosfatos (mg/L) en superficie en orilla de playa en la zona costera en Puerto Malabrigo.

MES	ZONA DE MUESTREO		
	I (ORILLA DE PLAYA TURISTAS)	II (ORILLA DE PLAYA TASA NORTE)	III (ORILLA DE PLAYA CFG INVES.)
SETIEMBRE	0,124	0,0611	0,0752
OCTUBRE	0,0345	0,0653	0,071
NOVIEMBRE	0,0086	2,7871	1,2714
DICIEMBRE	0,003	1,3208	1,5464
ENERO	0,0985	0,1147	0,0992
MARZO	0,0875	0,1316	0,1119
ABRIL	0,0045	1,5182	1,2644
MAYO	0,0765	0,0696	0,102
JUNIO	0,0098	0,4677	0,4748

Nitratos – Superficie

Se registraron elevadas concentraciones de nitratos a nivel superficie en los meses de setiembre, enero y marzo en la mayoría de estaciones evaluadas, observándose valores mayores a 0,1 mg/L; la concentraciones más alta se presento en enero en el punto orilla de playa de turistas zona I con 0,1332mg/L. Las concentraciones más bajas se registraron en los meses de noviembre, diciembre, abril y junio, donde los valores oscilaron entre 0,003 y 0,0176 mg/L (Tabla 4).

Tabla Nº 4. Variación Temporal del nivel de fosfatos (mg/L) en superficie en orilla de playa en la zona costera en Puerto Malabrigo.

MES	ZONA DE MUESTREO		
	I (ORILLA DE PLAYA TURISTAS)	II (ORILLA DE PLAYA TASA NORTE)	III (ORILLA DE PLAYA CFG INVES.)
SETIEMBRE	0,215	0,261	0,124
OCTUBRE	0,0568	0,0795	0,0345
NOVIEMBRE	0,0059	0,0176	0,0086
DICIEMBRE	0,0147	0,004	0,003
ENERO	0,1332	0,1171	0,0985
MARZO	0,1288	0,1054	0,0875
ABRIL	0,0098	0,0147	0,0045
MAYO	0,1301	0,0925	0,0765
JUNIO	0,0137	0,0124	0,0098

Demanda bioquímica de oxigeno – Superficial

Se registro elevadas concentraciones de DBO a nivel de superficie en la mayoría de estaciones evaluadas en los mese que se registro producción, observándose la concentración más alta en el mes de junio en orilla de playa TASA Norte zona II con 120 mg/L (Tabla 5); las concentraciones más altas se registraron en los puntos establecidos en orilla de playa zona II y III para los meses de mayo y junio, estos resultados están relacionados con la elevada producción registrada en la zona.

Tabla Nº 5. Variación Temporal del nivel de DBO en superficie en orilla de playa en la zona costera en Puerto Malabrigo.

MES	ZONA DE MUESTREO		
	I (ORILLA DE PLAYA CFG INVES.)	II (ORILLA DE PLAYA TASA NORTE)	III (ORILLA DE PLAYA DE TURISTICO)
SETIEMBRE	1,67	1,67	0,93
OCTUBRE	3,5	3,5	2,1
NOVIEMBRE	33	61	14
DICIEMBRE	1,67	22	10
ENERO	1,17	1,5	0,94
MARZO	2,5	2,17	1,25
ABRIL	60	33	15
MAYO	6	120	60
JUNIO	42	192	70

Oxigeno disuelto – Superficie

Se registraron bajas concentraciones de oxigeno disuelto a nivel de superficie en la mayoría de estaciones evaluadas en los meses que se registro producción, observándose las concentraciones más bajas en los meses de noviembre, diciembre, abril, mayo y junio en orilla de playa (Tabla 6). Las concentraciones más altas se registraron en los meses que no se registró pesca especialmente en los meses de octubre y marzo.

Tabla Nº 6: Variación Temporal del nivel de Oxigeno disuelto en el superficie en orilla de playa en la zona costera en Puerto Malabrigo.

MES	ORILLA DE PLAYA Y AGUA AFUERA		
	I (ORILLA DE PLAYA CFG INVES.)	II (ORILLA DE PLAYA TASA NORTE)	III (ORILLA PLAYA DE TURISTAS)
SETIEMBRE	4,09	3,37	5,43
OCTUBRE	6,64	4,83	7,36
NOVIEMBRE	0,05	0,05	0,09
DICIEMBRE	2,62	0,05	3,47
ENERO	2,32	2,61	3,67
MARZO	4,33	3,92	6,04
ABRIL	<0,05	<0,05	0,05
MAYO	0,05	0,05	0,05
JUNIO	0,05	0,05	0,05

Analisis de Metales Pesados

Las concentraciones de Cobre en muestras de aguas superficiales se ordenan en valores promedio bajos como en la estación II, con 0.148 ppm a valores medios entre 0,21ppm en la Estación I y 0,223 ppm en la Estación III de Cu. El plomo (Pb) está presente en muestras de aguas superficiales, encontrándose valores de 2,28 ppm en la estación I que es el más alto encontrado. El contenido promedio de Cromo en muestras de agua de mar, oscila entre 0,228 ppm en la estación III a un máximo de 0,891 ppm Cr en la estación I. El contenido promedio de Fierro en aguas superficiales va de valores 0,535 ppm en la estación I a valores de 0,412 ppm en la estación III. Se reportan contenido de Mercurio (Hg) en muestras de agua de mar en el rango de 11,758 ppm en la estación III a 17,376 en la estación I; siendo este el que se encuentra en mayor concentración de acuerdo a lo observado (tabla 8) . Se reportan valores mínimos de Arsénico (As) en muestras de agua superficial en rangos de 0,345 ppm en la estación II a 1,644 ppm en la estación I (Tabla 7).

Tabla Nº 7. Concentraciones de metales pesado (ppm) a orilla de playa en la Zona Costera de Puerto Malabrigo.

MUESTRA		METALES PESADOS					
		Cu	Pb	Cr	Fe	Hg	As
E – I	SETIEMBRE	0,041	0,075	0,048	0,071	2,963	0
	NOVIEMBRE	0,059	0,537	0	0,075	2,384	1,644
	ENERO	0,045	0,264	0,172	0,151	3,028	0
	ABRIL	0,078	0,419	0,008	0,115	3,383	0
	JUNIO	0,055	0,323	0,057	0,103	2,9395	0,411
E – II	SETIEMBRE	0,06	0	0,14	0,143	5,679	0
	NOVIEMBRE	0,027	0,224	0,05	0,145	3,068	0
	ENERO	0,013	0,155	0,005	0,056	4,129	0
	ABRIL	0,048	0,895	0,066	0,162	4,48	0,345
	JUNIO	0,037	0,3185	0,06525	0,1265	4,339	,08625
E – III	SETIEMBRE	0,06	0,791	0,222	0,16	4,711	0
	NOVIEMBRE	0,064	0,715	0,251	0,125	2,227	0,971
	ENERO	0,052	0,453	0,185	0,117	3,726	0
	ABRIL	0,034	0,321	0,233	0,133	5,072	0
	JUNIO	0,052	0,57	0,222	0,133	3,934	0,242

Discusion

Las características fisicoquímicas del agua, en términos genéricos, muestran que las concentraciones de oxígeno disuelto son mayores a nivel de superficie, que a nivel de fondo, en las todas las estaciones de muestreo; igualmente; resalta el hecho que en la época de veda, las cifras son superiores que las determinadas cuando hay intensa actividad industrial; esto se explicaría considerando la opinión de Seoanez (2000) quien dice que el incremento del oxigeno disuelto en el agua se debe al intercambio de oxígeno disuelto de la superficie marina con el oxígeno atmosférico; por la actividad fotosintetizadora de los fitoplanctontes; mientras que la disminución de la concentración de este elemento la atribuye a la abundante cantidad de materia orgánica generada en el fondo, la presencia de fosfatos nitritos y sulfuros que para su oxidación consumen oxígeno libre de esa porción de la columna de agua.

Está consideración es significativamente importante, pues cuando la concentración de oxígeno disuelto desciende por debajo del nivel necesario para una biota normal en el agua marina en la que los peces requieren 5 mg/L de oxígeno como mínimo; ello origina la muerte y desaparición de toda forma de vida (Seoanez, 2000), Un factor igualmente importante es lo relacionado con los sólidos suspendidos totales; los mismos que muestran cifras similares tanto a nivel de superficie como en el fondo en todas las estaciones de muestreo. Igualmente, es significativa la presencia de aceites y grasas en la superficie y ausencia a nivel de fondo.

Los fosfatos, se puede afirmar que éstos tienden a fijarse en los sedimentos en presencia de oxígeno y a desprenderse en condiciones anóxicas, en las zonas fertilidad pueden alcanzar valores de 200 mg/m2/día. En aguas pobres, la concentración de fosfatos puede bajar hasta niveles no detectables. Otro aspecto importante es la ausencia de nitritos y sulfuros a nivel de superficie; pero presentes en todas las estaciones y en todos los muestreos a nivel de fondo; este hecho se explicaría por la presencia de nitratos procedentes de la materia orgánica en degradación, de modo tal que su incremento puede limitar posteriormente la fijación fotosintética del carbono causando serias dificultades a los organismos vivos (Harrison, 2003). Por otra parte en los lodos reducidos, el azufre recircula gracias a las bacterias reductoras del azufre que actúan sobre sulfatos y otros compuestos similares, y a las bacterias desnitrificantes que oxidan sulfuros.

Analizando estos resultados desde la perspectiva de las variaciones según estaciones de muestreo, se aprecia que las cifras de cada parámetro son similares; lo que coincide con las consideraciones de Seoanez (2000) quien al referirse a la dinámica de las aguas marinas y la circulación en las bahías, explica que, en función de la profundidad, las condiciones tienden a ser más o menos uniformes; sin embargo, la presencia de elevada cantidad de sólidos suspendidos totales implicaría la remoción de las sustancias en toda la extensión tanto en la columna de agua como en las estaciones de muestreo.

Comparando los resultados con el límite establecido en la Ley General Aguas (LGA) (clasificación V) se observa que la mayoría de valores en el mes de setiembre y marzo cumplen con el límite establecido para todos los componentes químicos en el agua de mar. En los mese de noviembre y diciembre la mayoría de valores no cumplen con el límite establecido en la LGA.

Todo ecosistema marino puede verse gravemente afectado por los efluentes líquidos que emiten las plantas productoras de harina y aceite de pescado de pescado. Entre los efectos negativos se señalan: i) bloqueo de la penetración de la luz en la columna de agua, debido a su alto contenido de materia orgánica y sólidos suspendidos, lo que es muy perjudicial para la productividad marina; ii) desoxigenación del cuerpo receptor, con la consecuente pérdida de la biodiversidad debido al elevado volumen de nutrientes y materia orgánica, iii) alteraciones geomorfológicas del litoral y fondo marino por la sedimentación de partículas con la consecuente desaparición de la vida y alteración del sistema.

La considerable carga de materia orgánica induce a procesos anóxicos y de eutrofización tanto a nivel de superficie como de fondo, magnificándose con la considerable carga de nutrientes, sobretodo fosfatos, que se manifiesta en el deterioro de la calidad del agua (anoxia, turbidez, floración, sulfuros, y otros).

A diferencia de muchos contaminantes, los metales pesados son constituyentes normales del ambiente marino y, aun cuando en trazas, son generalmente detectados.

Este hecho puede ser un significativo problema para diferenciar las concentraciones naturales detectadas en los ambientes de aquellas producidas por procesos de contaminación. Es posible encontrar en la literatura diversos criterios útiles para interpretar el carácter contaminante de los metales pesados en el ambiente marino (Bryan, 1976).

Teniendo en cuenta las concentraciones promedios naturales en el ambiente acuático marino para los metales estudiados, Bryan (op. cit.) indica que, en general, también pueden ser detectados efectos subletales producidos por metales pesados sobre organismos, cuando sus concentraciones costeras y estuarinas alcanzan niveles de 10 veces la concentración natural oceánica.

Los resultados sobre concentraciones de Metales pesados en agua de mar del litoral de Puerto Malabrigo, permiten postular la existencia de procesos de contaminación. En tal sentido, las concentraciones de plomo y mercurio sólo revelan una contaminación de carácter potencial (10 veces superiores que la concentración natural), que significaría efectos subletales.

Conclusiones

Se ha obtenido las concentraciones más altas de DBO, aceites/grasas, SST y fosfatos en los puntos establecidos en orilla de playa para TASA Norte y CFG.

De los meses que se realizó Pesca; en el mes de Diciembre se registraron las más altas concentraciones de SST, aceites/grasas y fosfatos; esto coincide con las concentraciones críticas de nitratos y oxigeno disuelto que se presentaron en este mes. Solo el DBO, sus más altas concentraciones se presentaron en los mese de mayo y junio.

Los valores menores para Aceites/grasas, fosfatos y DBO se presentaron en los meses de setiembre, octubre, enero y marzo en la mayoría de puntos evaluados.

En el caso de nitratos se registraron los valores más altos en los meses de setiembre, enero, marzo y mayo. Para Oxígeno disuelto las concentraciones más altas se presentaron en los meses de octubre y marzo, meses que no se registró pesca.

En relación a los límites establecidos en la Ley General de Aguas (clasificación V). Para DBO a nivel de superficie y fondo, no se cumple con el límite establecido en la L.G.A. en los meses donde se realizó pesca Noviembre, Diciembre, Abril, Mayo y Junio en la mayoría de puntos evaluados. Para los SST se cumple con el límite establecido en la L.G.A (Clasificación V), en la mayoría de puntos de los meses de setiembre y marzo , en estos meses no se realizó pesca.

Para oxígeno disuelto a nivel de superficie no se cumple con el límite establecido en la mayoría de puntos evaluados en los diferentes meses excepto en el mes de Octubre que se cumple para la mayoría de Puntos; a nivel de fondo los puntos establecidos en orilla de playa para CFG Invesment son los únicos que cumplen con el límite establecido.

Para nitratos; se observa un ligero decremento en noviembre, diciembre y junio en la mayoría de puntos evaluados.

Literatura citada

APHA, AWWA, WPCF. 1985. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 16Ed. Washington, E.U.A.

Bryan, G. 1976. Heavy metal contamination in the sea. *In:* Marine Pollution (Johnston, R., ed.). Academic Press. London, New York and San Francisco, 729 pp.

ENAPU. 2003. Terminal Portuario de Chicama. Disponible en:http://www.enapu.com.pe/spn/tp_ubicinflu_chicama.htm

Glynn, H. & G. Heinke. 1999. Ingeniería ambiental; 2ª. Ed., México. Prentice Hall. 64-78p.

Gómez, P. 2006. Ecosistema marino. http://www.ingeba.euskalnet.net/lurralde/lur30/30gome2/30gome2.htm

Guillen O.; A. Aquino; B. Valdivia & R. Calienes. 1978. Contaminación en el puerto del Callao. Informe N 62. IMARPE. Callao. Perú.

Harrison, R. 2003. El medio Ambiente. Introducción a la química medioambiental y a la contaminación., Zaragoza Acribia. 145-178p.

Kremling & Petersen. 1974. Método Espectrométrico de Absorción Atómica por el método electrométrico «Horno de grafito».

Orozco. R, Cordova. J, Moron. O. 1998. Estado de la contaminación marina en la bahía de Chancay entre 1995-1997. En Informe interno. IMARPE. 32 p.

Perkin, E. 1977. CORPORATION: Instructions mercury analysis system. Norwalk. Conneticut. U.S.A.

Rousell, E. 1973. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. Ed. Aguilar. Madrid.

Seoanez Calvo M. 1996. Ingeniería del Medio Ambiente. Edit. Mundi Prensa. Madrid. España.

Seoanez, M. 2000. Manual de contaminación marina y restauración del litoral, Madrid. Mundi-Prensa. 36-46p.

UNESCO. 1993. II Conferencia Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo en 1992. http://personal.telefonica.terra.es/web/felipefoj/medio_ambiente_y_desarrollo.htm